

# トンネル内の列車風に関する現地実験 (第2報)

## 超音波風速計使用

川畑早苗・加藤榮二

(受理 昭和51年5月31日)

### FIELD TESTS ON THE 'TRAIN-WIND' IN THE TUNNEL (Report 2)

(By the ultrasonic anemometer)

Sanae KAWABATA and Eiji KATO

It has already been reported in the previous paper how and what is the result of the field test of the wind-velocity by the hot-wire anemometer at not only the entrance and the exit but in the interior of the tunnel.

The present paper in this connection show the result of the field test of the above-mentioned case with the direction-finding operation of the ultrasonic anemometer instead of the hot-wire anemometer.

Comprehending those results of the tests, it is safely argued that except at the entrance, the 'train-wind' is in the regular direction, that is, in the direction of the advancing train, by the time when the train arrives at the position of the test; on the other hand, when it arrives at the position of the test the 'train-wind' runs in the opposite direction on the instant, but reverses itself in the regular direction afterwards.

The time required for the 'train-wind' to return from the opposite direction to the regular one is affected by the velocity and the length of the train as well as the length of the tunnel.

The result of the test alters in each case of the tunnels where the field tests were made, the 'Sonoyama-tunnel' has a blow-hole, but in the present test its influence will be regarded as little.

About the wind-velocity through the blow-hole, field tests will be made in due time hereafter.

## 1. 緒言

前報<sup>1)</sup>において、トンネル内の列車風に関する現地実験の結果について述べたが、風速測定には熱線風速計を使用している。しかし、熱線には方向性が無いので、グラフの上では、風向きが逆になる位置がはっきりわからない。そこで、今回は、方向性のある超音波風速計を使用して行なった現地実験の結果について述べる。

すなわち、日豊本線の、鳥越ならびに襲山トンネルのそれぞれの出入口ならびに内部の特定断面に、超音波風速計を設置して、列車通過時の風速変化のありさまを電磁オシログラフに記録させた。

それと同時に、風速計の近くに、軽い白球のはいったアクリル製の透明な水平管と、白旗をそれぞれ設置して、列車通過時における球と旗の動きを8ミリカメ

ラで撮影した。

以上の現地実験による結果を要約すれば、次のようである。すなわち、トンネル入口では、列車先頭部が測定位置に達した瞬間、空気は逆流(列車進行と逆方向)になり、その後まもなく正流(列車進行方向)に戻る。また、トンネルの内部と出口では、列車が測定位置に近づくまでの間は正流であるが、先頭部がそこに達した瞬間逆流になるかもしくは急減し、その後まもなく正流に戻る。

また、現地実験における風速変化のありさまが、模型実験の場合と比較して定量的に多少異なるのは、両者のレイノルズ数に大きな差異があるためやむをえないにしても、定性的には一致している。

## 2. 実験装置ならびに方法

風速測定装置概略図を図1に示す、また、トンネル

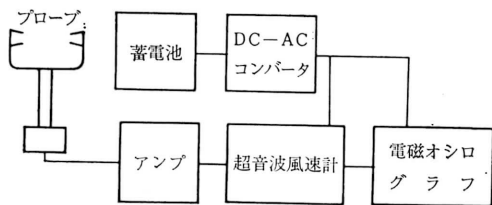


図1 風速測定装置概略図

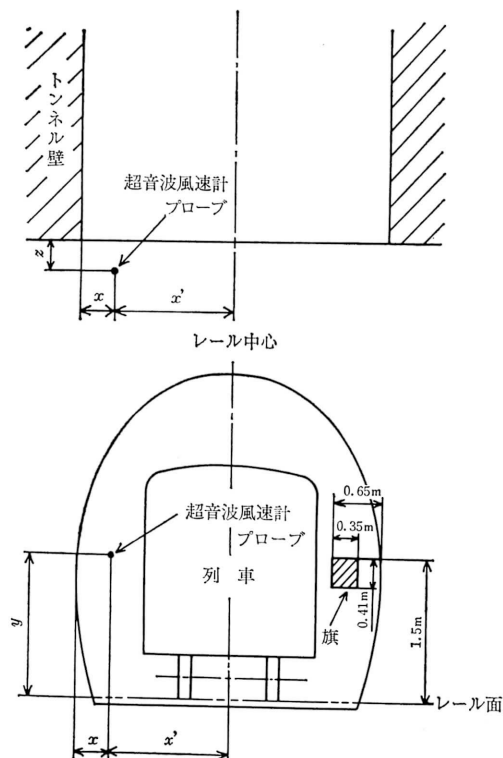
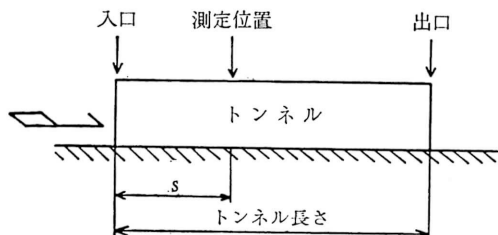


図2 プローブ設置箇所 (トンネル出入口)



トンネル長さ { 鳥越 396.36m  
 襲山 1,928.60m  
 図3 トンネル内部における測定位置

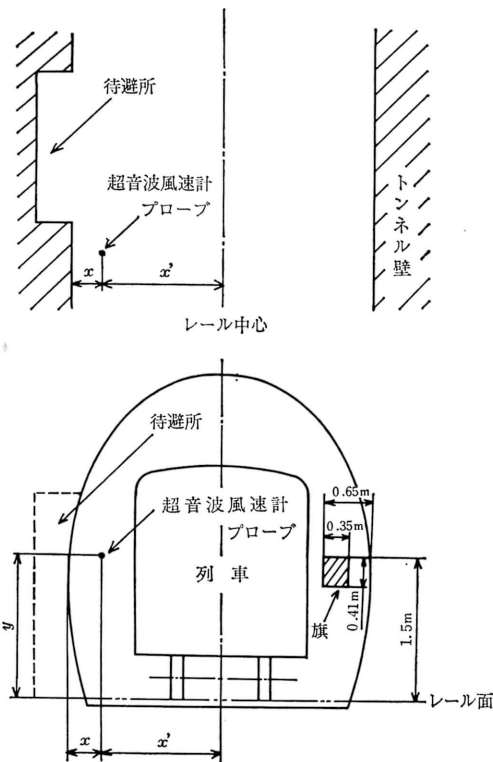


図4 プローブ設置箇所 (トンネル内部)

出入口におけるプローブ設置箇所を図2に、トンネル内部における測定位置ならびにプローブ設置箇所を、それぞれ、図3および図4に示す。

実験に際しては、超音波風速計を、トンネル入口(鳥越トンネル磯側、襲山トンネル霧島側)、ならびに、内部特定断面に設置して、列車通過時における風速変化のありさまを電磁オシログラフに記録させた。

上記のように、測定はトンネルの一つの入口のみで行なったが、ここは、下り列車に対しては入口であり、上り列車に対しては出口になるわけで、本報では、このような意味で出入口を定義してある。

### 3. 実験要目ならびに実験結果

実験要目を、表1、表2および表3に示し、記号を次のように定める。(図2、図3、図4参照)

表1 トンネル入口における実験要目

トンネル名	図番	番号	$L$ (m)	$v_0$ (m/s)	$x$ (m)	$x'$ (m)	$y$ (m)	$z$ (m)	列車名	実験日
鳥越	5	1	102	17.0	0.38	1.95	1.39	0.45	錦江1号	49.11.21
		2	102	15.3	0.38	1.95	1.39	0.45	827	49.11.21
製	6	1	85	20.0	0.32	1.93	1.25	0.68	543	49.12.18
		2	136	16.7	0.32	1.93	1.25	0.68	高千穂	49.12.18
		3	128	25.0	0.32	1.93	1.25	0.68	507	49.12.18
製	7	1	85	20.0	0.40	1.90	1.25	0.89	543	50.1.27
		2	128	19.2	0.40	1.90	1.25	0.89	507	50.1.27
製	8	1	55	20.0	0.40	1.90	1.25	0.89	1599	50.1.27
		2	136	20.0	0.40	1.90	1.25	0.89	高千穂	50.1.27
山	9	1	82	19.2	0.38	1.93	1.27	0.84	1537	50.1.30
		2	128	19.2	0.38	1.93	1.27	0.84	507	50.1.30
山	10	1	136	17.2	0.38	1.93	1.27	0.84	高千穂	50.1.30
		2	85	17.5	0.38	1.93	1.27	0.84	543	50.1.30
山	11		55	15.6	0.38	1.93	1.27	0.84	1599	50.1.30

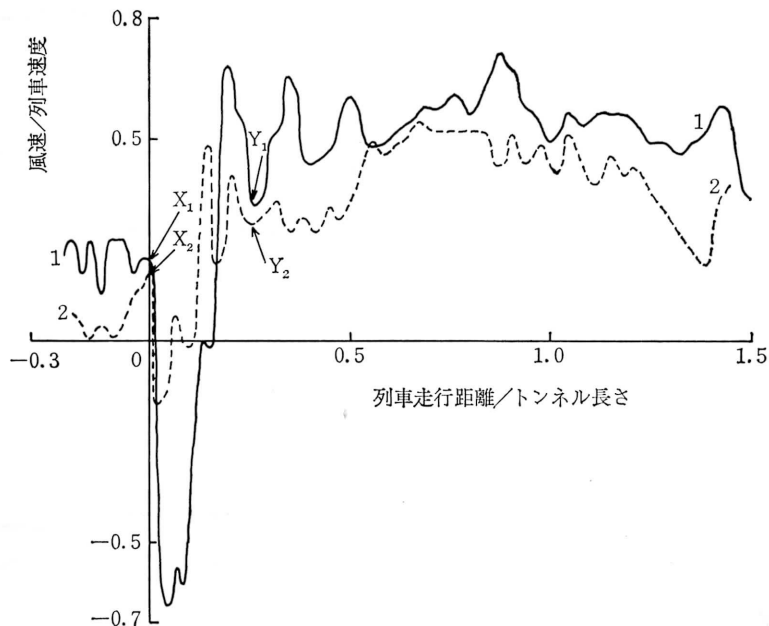


図5 鳥越トンネル入口

$L$  : 列車の長さ (m)

$v_0$  : 列車の速度 (m/s)

$x$  : トンネル内壁よりプローブ中心までの水平距離 (m)

$x'$  : レール中心よりプローブ中心までの水平距離 (m)

$y$  : レール面よりプローブ中心までの垂直距離 (m)

$z$  : トンネル入口側壁よりプローブ中心までの水平距離 (m)

$s$  : トンネル入口よりプローブ中心までの水平距離 (m)

なお、表1に示す列車はすべて下りで、表3のそれ

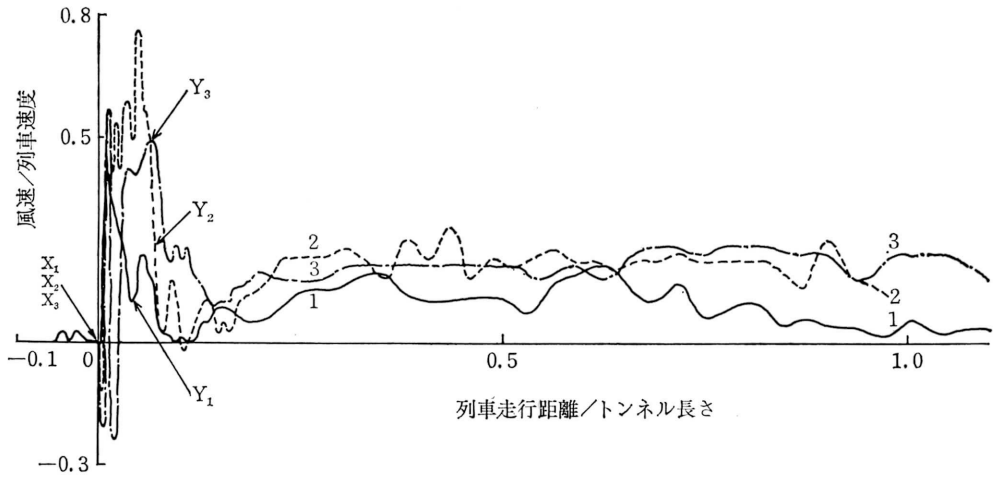


図6 襲山トンネル入口

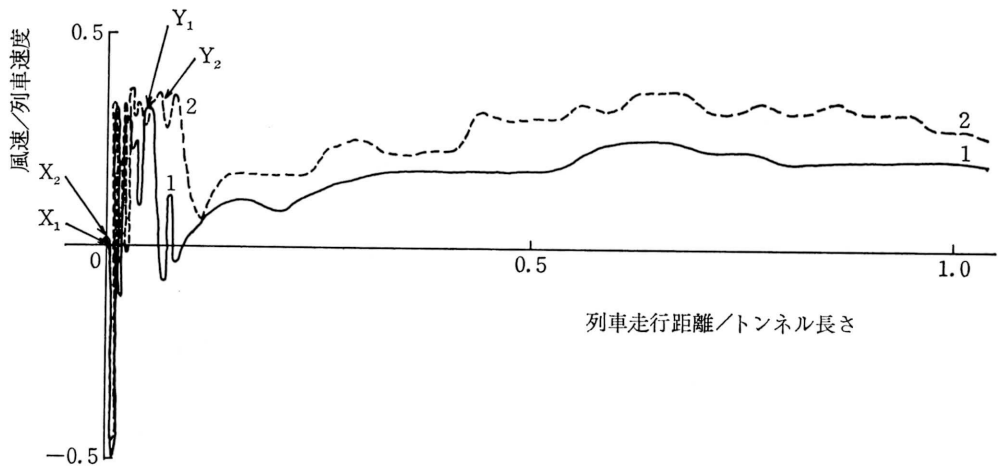


図7 襲山トンネル入口

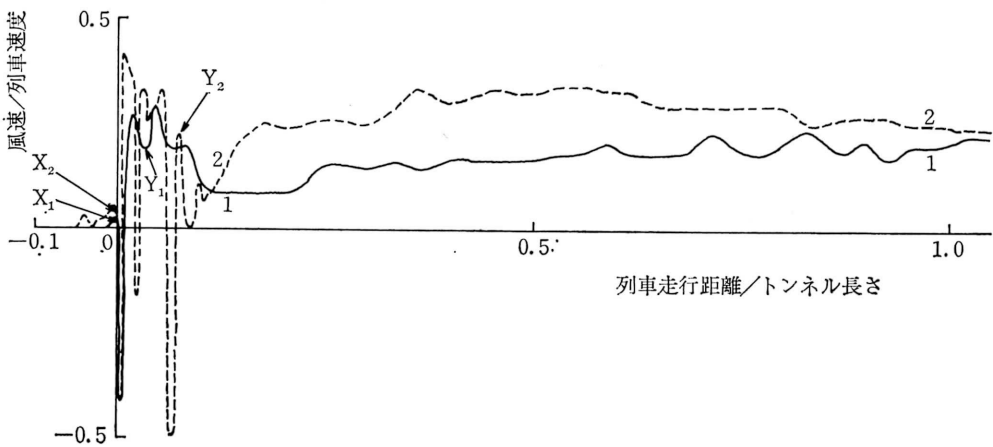


図8 襲山トンネル入口

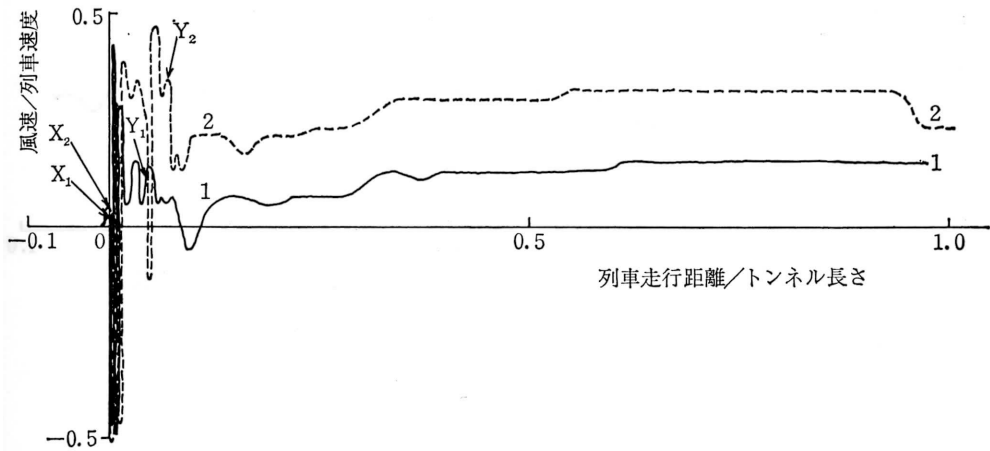


図9 襲山トンネル入口

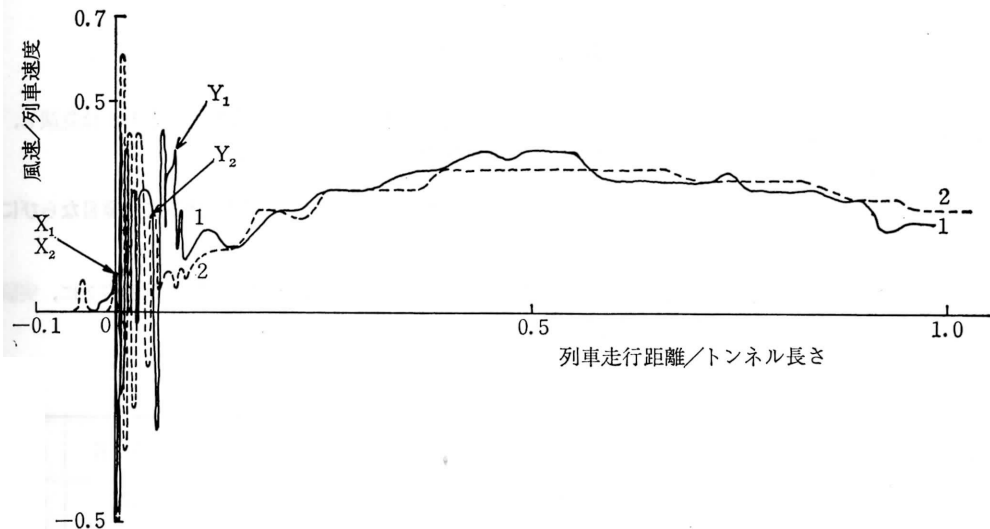


図10 襲山トンネル入口

はすべて上りである。また、表2では、図番12, 16および18の列車が下りで、あとの4本は上りである。次に、列車風の実験結果は、トンネルの断面積や変曲の度合い等によって異なるとともに、列車の長さや速度等によっても異なるのでそれぞれの比較はむづかしい。しかし、列車風は列車速度にほぼ比例<sup>2)</sup>するので、図では、縦軸に「風速/列車速度」を、横軸に「列車走行距離/トンネル長さ」をとって、いちおう比較の目安とした。

ただし、図中 X: 列車先頭部測定位置通過, Y:

列車後尾部測定位置通過を示す。

### 3.1 トンネル入口における実験要目ならびに実験結果

トンネル入口における実験要目を表1に、実験結果を図5～11に示す。

実験結果からわかるように、列車がトンネルに突入した瞬間、空気は外にあふれ出すが、まもなく内部に吸い込まれて行く。

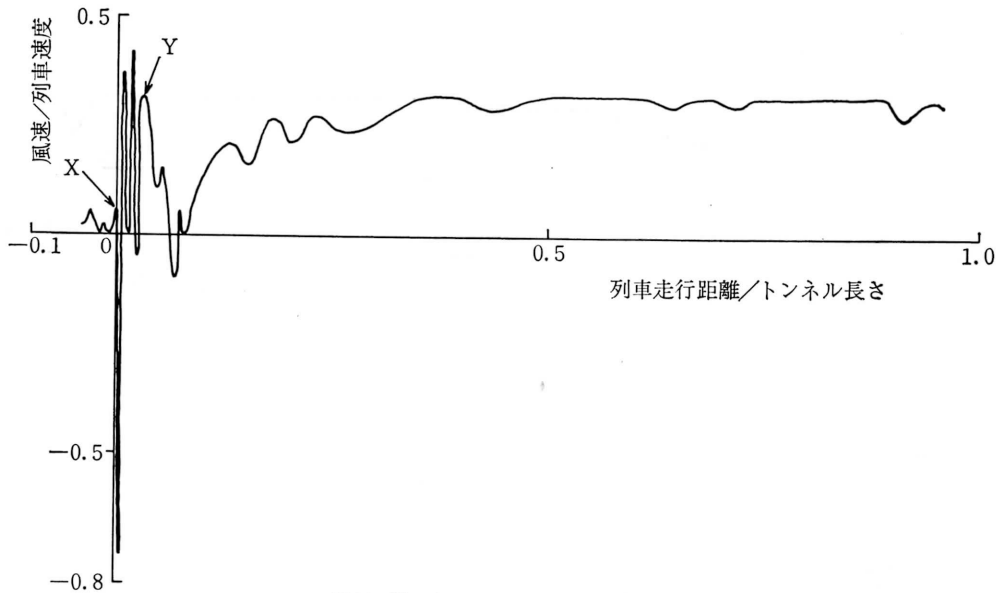


図11 襲山トンネル入口

### 3・2 トンネル内部における実験要目ならびに 実験結果

トンネル内部における実験要目を表2に、実験結果を図12～18に示す。

実験結果からわかるように、列車が、測定位置に近づくまでの間、空気は正流であるが、列車先頭部がそ

こに達した瞬間逆流に変わるかもしくは急減し、その後まもなく正流に戻る。

### 3・3 トンネル出口における実験要目ならびに 実験結果

トンネル出口における実験要目を表3に、実験結果を図19～24に示す。

表2 トンネル内部における実験要目

トンネル名	図番	番号	$L$ (m)	$v_0$ (m/s)	$s$ (m)	$x$ (m)	$x'$ (m)	$y$ (m)	列車名	実験日
鳥	12	1	61	16.1	196	0.30	1.85	1.15	829	49.11.21
		2	136	16.7	196	0.30	1.85	1.15	高千穂	49.11.21
		3	128	16.7	196	0.30	1.85	1.15	しいば2号	49.11.21
越	13	1	128	20.0	200.4	0.30	1.85	1.15	4112	49.11.21
		2	61	19.5	200.4	0.30	1.85	1.15	630	49.11.21
越	14	1	136	20.0	320.4	0.11	1.98	1.29	にちりん1号	49.11.21
		2	136	18.8	320.4	0.11	1.98	1.29	高千穂	49.11.21
		3	40	20.3	320.4	0.11	1.98	1.29	436	49.11.21
襲	16		136	9.7	480	0.38	1.92	1.32	高千穂	49.12.10
		1	136	22.7	968	0.31	1.95	1.25	高千穂	49.12.10
		2	128	18.6	968	0.31	1.95	1.25	507	49.12.10
山	17		61.4	9.7	960	0.31	1.95	1.25	544	49.12.10
		3	85	20.2	968	0.31	1.95	1.25	543	49.12.10
			55	16.2	1448	0.38	1.92	1.32	1599	49.12.10

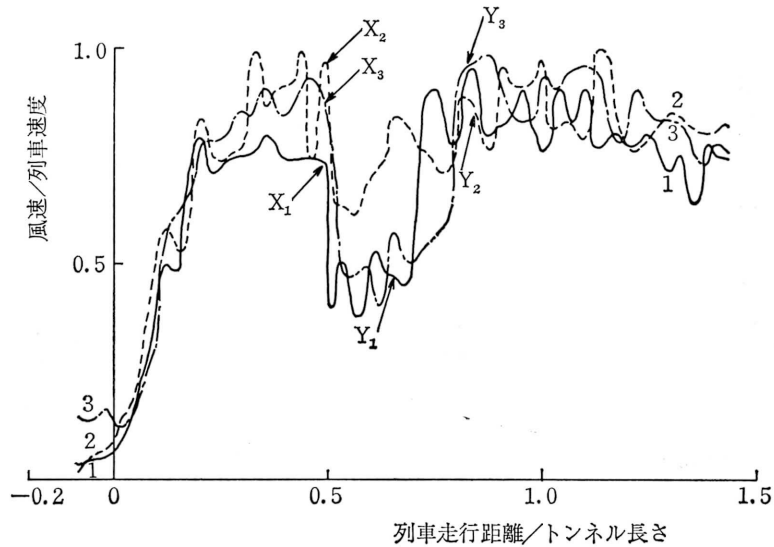


図12 鳥越トンネル内部

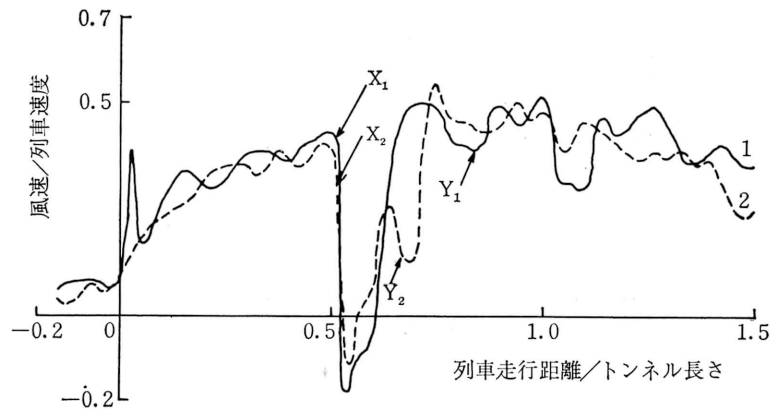


図13 鳥越トンネル内部

実験結果からわかるように、列車が出口に近づくまでの間、空気は正流であるが、列車先頭部がトンネルを出た瞬間、空気は内方へ吸い込まれるかもしくは急減し、その後まもなく外方へあふれ出す。

#### 4. 結 言

これまでに行なった模型実験<sup>3)</sup>では、棒先端が測定位置に達した瞬間から空気は逆流を続け、その後、後端がそこに達した瞬間から正流に戻る。しかし、実車では、模型と比べて逆流の程度が弱く且つその時間

も短い。なお、場合によっては逆流まで下り切らないこともある。その理由としては、レイノルズ数の相異が考えられるが、具体的にいえば、実車では列車側面の境界層の影響がかなり大きく、一方、トンネル内部と出口では、列車進行方向の空気の慣性のために、逆流の程度がさらに弱められるものと推察される。

また、襲山トンネルには、霧島側入口から内方へ1375.6mのところの上部に、内径1.5m、高さ53.5mの排気孔が一箇所ある。しかし、風速測定位置のほとんど全部が、ここからかなり離れており、しかも、測定は横位置で行なったので、排気孔の影響は、いちお

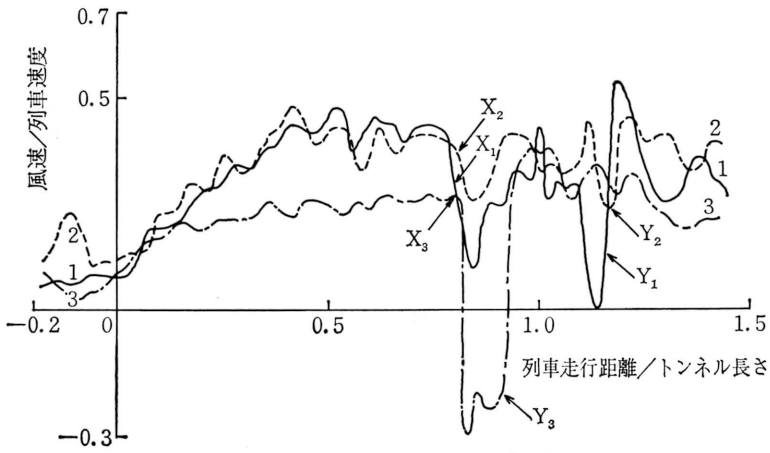


図14 鳥越トンネル内部

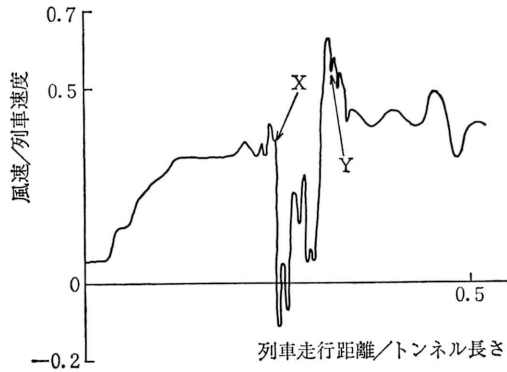


図15 斐山トンネル内部

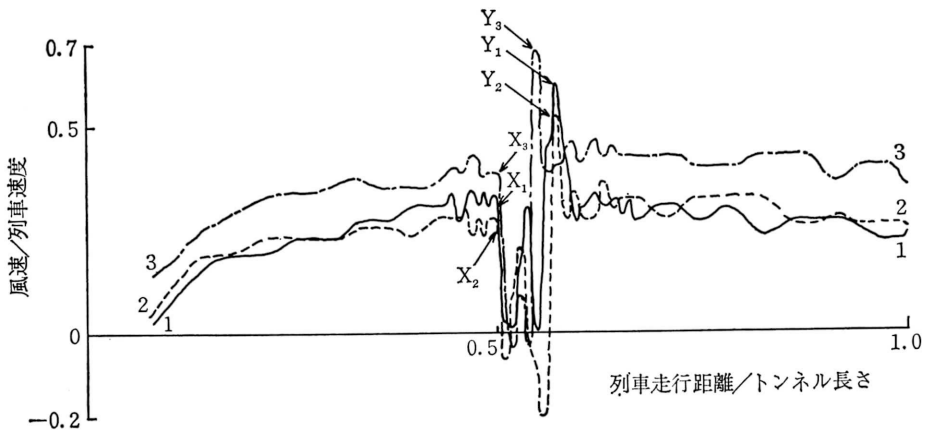


図16 斐山トンネル内部



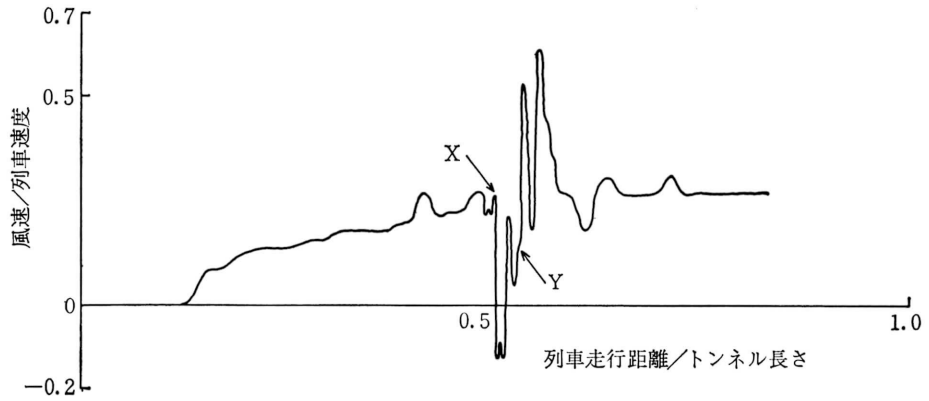


図17 襲山トンネル内部

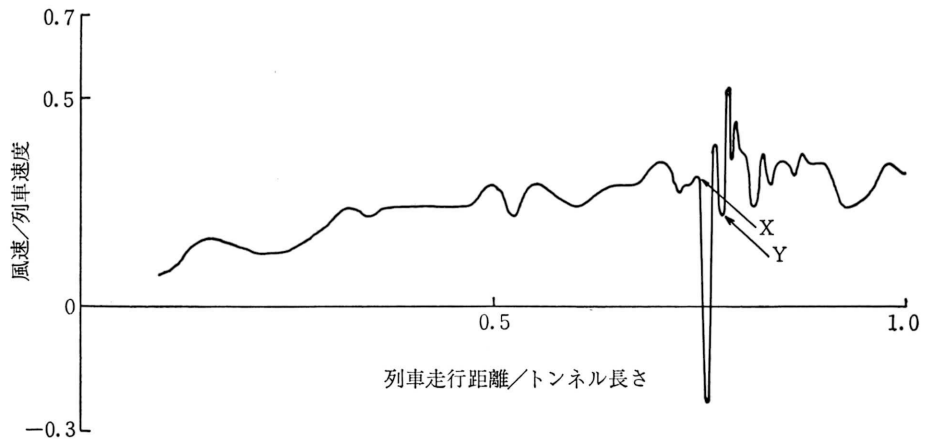


図18 襲山トンネル内部

表3 トンネル出口における実験要目

トンネル名	図番	番号	$L$ (m)	$v_0$ (m/s)	$x$ (m)	$x'$ (m)	$y$ (m)	$z$ (m)	列車名	実験日
鳥越	19	1	64	20.0	0.38	1.95	1.39	0.45	錦江1号 626	49.11.21
		2	82	18.1	0.38	1.95	1.39	0.45		49.11.21
襲山	20	1	168	13.2	0.32	1.93	1.25	0.68	にちりん1号 544	49.12.18
		2	61.4	9.1	0.32	1.93	1.25	0.68		49.12.18
	21	1	164	11.9	0.40	1.90	1.25	0.89	510	50.1.27
		2	136	11.4	0.40	1.90	1.25	0.89	高千穂	50.1.27
山	22		61.4	7.1	0.40	1.90	1.25	0.89	544	50.1.27
	23	1	164	11.9	0.38	1.93	1.27	0.84	510	50.1.30
		2	136	11.6	0.38	1.93	1.27	0.84	高千穂	50.1.30
24	1	168	14.3	0.38	1.93	1.27	0.84	にちりん1号 544	50.1.30	
	2	61.4	7.9	0.38	1.93	1.27	0.84		50.1.30	

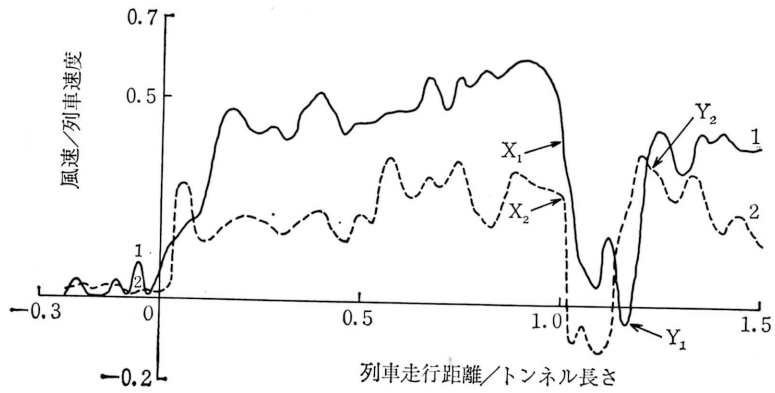


図19 鳥越トンネル出口

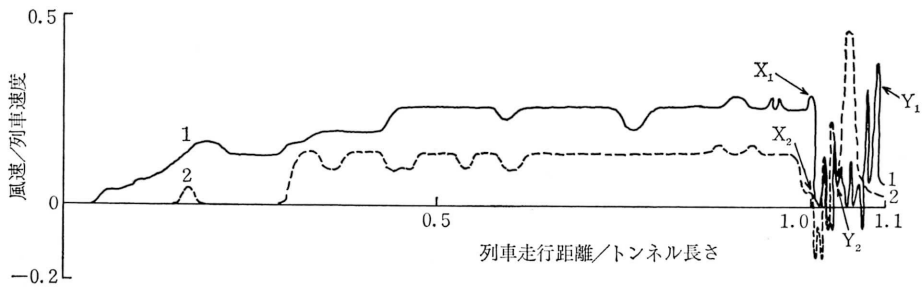


図20 襲山トンネル出口

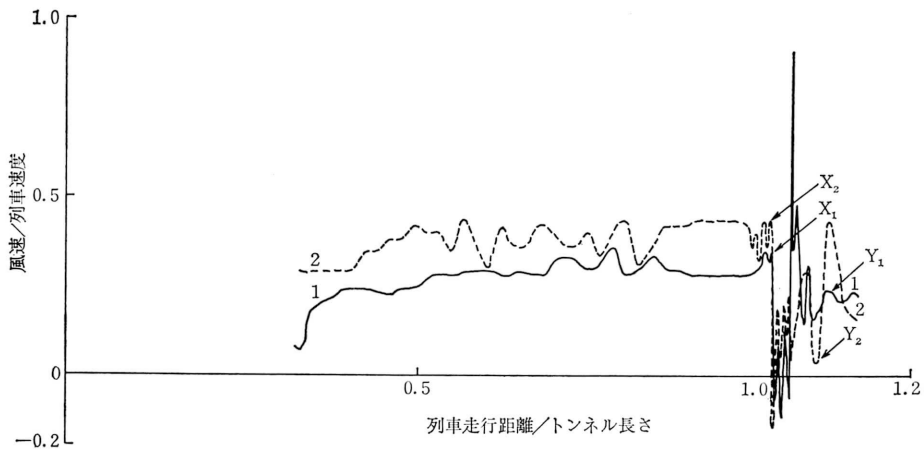


図21 襲山トンネル出口

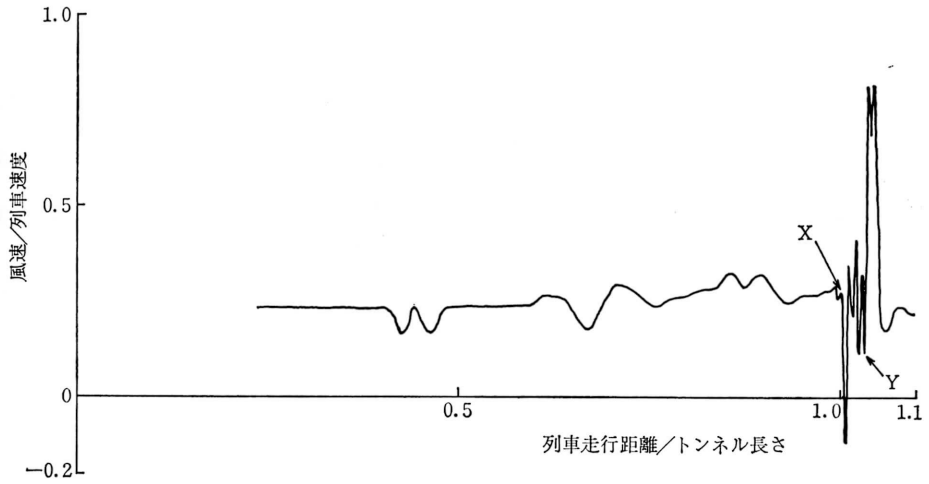


図22 襲山トンネル出口

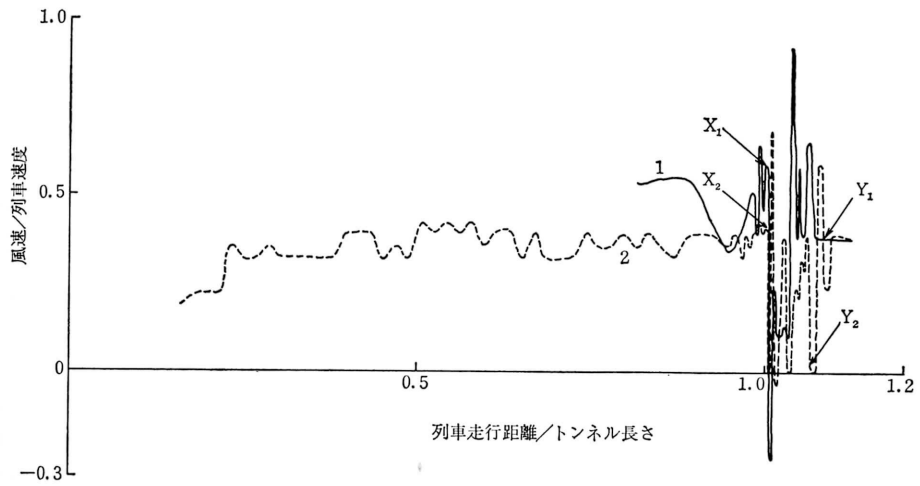


図23 襲山トンネル出口

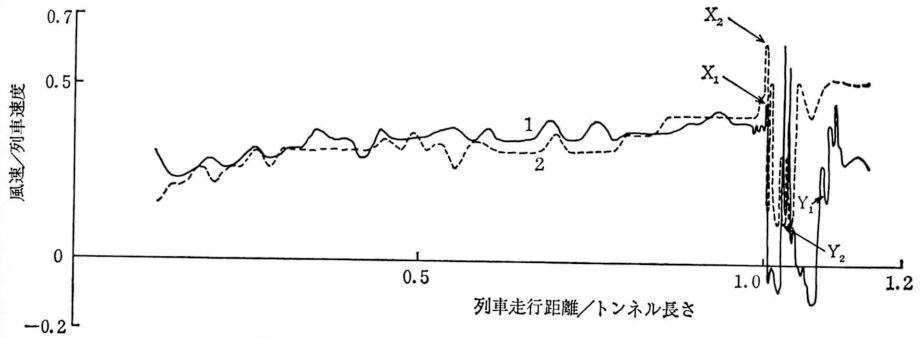


図24 襲山トンネル出口

う、無視してさしつかえ無いと思う。

終りに、終始実験に協力していただいた、鹿児島鉄道管理局、構造物検査センターの方々に深甚の謝意を表するとともに、測定や結果の整理に尽力してくれた、水力実験室、末吉技官ならびに当時の卒論学生、雨宮、渋谷君らにお礼を述べる次第である。

#### 参 考 文 献

- 1) 川畑・米倉, 鹿児島大学工学部研究報告, 第16号 (昭49-9), 1.
- 2) 山本, 鉄道技術研究報告, No. 871 (昭48-10), 3.
- 3) 川畑, 日本機械学会論文集, 29-207 (昭38-11), 1742.